



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑩ DE 197 33 919 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 B 11/27  
G 01 C 19/72

②1 Aktenzeichen: 197 33 919.0  
②2 Anmeldetag: 5. 8. 97  
④3 Offenlegungstag: 18. 2. 99

DE 197 33 919 A 1

⑦1 Anmelder:  
Prüftechnik Dieter Busch AG, 85737 Ismaning, DE

⑦2 Erfinder:  
Busch, Dieter, 85737 Ismaning, DE; Hermann,  
Michael, 85737 Ismaning, DE; Konetschny, Volker,  
85640 Putzbrunn, DE; Lysen, Heinrich, 85748  
Garching, DE

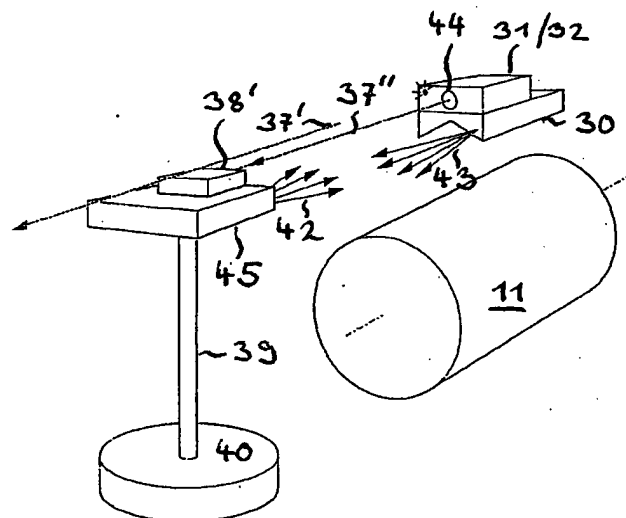
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 1 95 46 405 A1  
DE 39 11 307 A1  
DE 38 14 466 A1  
US 54 30 539  
EP 06 64 436 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten von Wellen

⑤7 Die räumliche Lage von Walzen oder anderen nebeneinanderliegenden Gegenständen wird durch indirektes Transportieren einer Referenzrichtung eingemessen oder überprüft. Hierzu wird ein Adapter auf eine der Walzen gelegt. Der Adapter ist mit einer Lichtquelle ausgestattet, welche einen Lichtstrahl im wesentlichen parallel zur Rotationsachse einer Walze aussendet. Der Lichtstrahl wird durch eine bewegbare Sensor-Einheit erfaßt. Diese ermittelt gleichzeitig den Einfallswinkel des Lichtstrahls nach zwei Achsen, relativ zu der Sensoreinheit, und die Orientierung der Sensoreinheit relativ zu einem Referenz-Achsen-System (Laborsystem). Für die zuletzt genannte Messung wird ein mehrachsrig arbeitendes Gyroskop verwendet. Eine geeignet programmierte Elektronik oder Rechner ermittelt aus beiden Meßwerten die Orientierung des Adapters und der Walze bezüglich Azimuth und Elevation im Laborsystem. Die ermittelten Meßwerte können dazu herangezogen werden, einen Vergleich mit den entsprechenden Werten weiterer Walzen oder Gegenständen durchzuführen, so daß eine einfach zu handhabende Apparatur für Parallelitätsmessungen bereitgestellt wird.



DE 197 33 919 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten von Körpern, insbesondere zum Parallelrichten von Wellen, Walzen und dergleichen rotationssymmetrischen Körpern.

Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung ist bekannt aus der DE 195 46 405.

In der dortigen Anmeldeschrift wird beschrieben, wie unter Verwendung z. B. eines faseroptischen Kreisels mit einer Lagemeß-Sonde Winkeldaten gewonnen werden. Dadurch ist auf Grundlage der Winkeldaten feststellbar, ob und ggf. welche Lagekorrekturen an auszurichtenden Körpern, speziell an Wellen oder Walzen, vorgenommen werden müssen, um diese in einen gewünschten Ausrichtungszustand zu bringen. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, die genannte Lagemeß-Sonde in einer sukzessiv fortschreitenden Weise jeweils auf einen der auszurichtenden Körper zu bringen. Die Lagemeß-Sonde ist so konstruiert, daß sie die Winkellage des Körpers relativ zu einem raumfesten Bezugs-Koordinatensystem ermitteln kann. Für die Mehrzahl der Anwendungsfälle ist es dabei jedoch nur erforderlich, daß die Winkellage des Körpers hinsichtlich der Koordinaten "Azimuth" und "Elevation" durch die Lagemeß-Sonde ermittelbar ist.

Die Körper sind dabei in der Regel mit einer Präzision auszumessen, welche im Bereich von Bruchteilen eines Winkelgrades liegt. Um eine solche Präzision zu erreichen, müssen die in der DE 195 46 405 genannten optischen Kreisel nach dem derzeitigen Stand der Technik jedoch noch eine gewisse Baugröße aufweisen. Typische Baugrößen sind dabei würfelförmige Sonden mit Abmessungen von etwa 200 · 200 · 200 mm. Für manche Anwendungen erweist sich eine solche Baugröße als hinderlich, insbesondere bei Walzen einer eng ummantelten Walzenstraße, oder bei den dicht neben- und übereinander befindlichen Walzen eines Offset-Druckwerkes. Häufig behindert auch das Gerüst bzw. die Stellage für solche Walzen deren Zugänglichkeit, so daß das Anbringen einer größeren Sonde mit Schwierigkeiten verbunden ist, und kleinere Sonden nicht die gewünschte Genauigkeit liefern.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine zugehörige Einrichtung oder Vorrichtung anzugeben, welche nicht mit den vorgenannten Nachteilen behaftet ist. Diese Aufgabe wird mit den Mitteln des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung geht dabei von folgender Erkenntnis aus: Es ist zwar besonders praktisch, einen Richtungsvergleich von Körpern dadurch bewirken, daß eine Richtungsmeß-Sonde von einem zum anderen, zu referenzierenden Körper transportiert wird. Diese direkte Vorgehensweise ist jedoch nicht zwingend. Vielmehr ist es gemäß der Erfindung auch möglich, eine indirekte Vorgehensweise zu verwenden. Dieses ist erfindungsgemäß insbesondere dann vorteilhaft, wenn die genannten Walzen oder Körper vergleichsweise unzugänglich sind, wie im obigen beschrieben. Die vorliegende Erfindung sieht daher vor, die Richtung eines Körpers dadurch zu bestimmen, daß ein geeigneter, relativ kleinvolumiger Adapter in definierter Weise mit einem Körper in Verbindung gebracht wird, dessen Winkelausrichtung im Raum, relativ zu einem feststehenden Koordinatensystem (häufig als Laborkoordinaten-System bezeichnet), zu vermessen ist. Dieser Adapter stellt einen ersten Teil einer kombinierten Lagemeß-Sonde mit im wesentlichen zwei Komponenten dar. Die Ausrichtung des Adapters ist dabei vorzugsweise so, daß eine seiner Hauptachsen beim Aufsetzen des Adapters auf den Körper zwangsweise parallel zu einer ausgezeichneten Achse des Körpers zu liegen kommt. Diese ausgezeichnete Achse kann beispielsweise die Rotationsachse einer Walze oder Welle oder dgl. sein. Insgesamt ist

der vorgesehene Adapter relativ kleinvolumig. Als Teil einer kombinierten Lagemeß-Sonde, bestehend aus mehreren Komponenten, führt der Adapter eher nur indirekte Meßfunktionen aus. Dabei stellt er eine eigenständige Lichtquelle dar und ist in der Lage, einen Lichtstrahl auszusenden. Zur Erzeugung eines solchen Lichtstrahls ist vorzugsweise ein Halbleiterlaser vorgesehen, insbesondere ein batteriebetriebener Halbleiterlaser. Die relative Winkellage des Adapters, mithin die relative Winkellage des auszumessenden Körpers, wird sodann gemäß der Erfindung indirekt mit Hilfe einer zusätzlichen Einrichtung ermittelt. Die zusätzliche Einrichtung stellt damit einen zweiten, und zwar den aktiv messenden Teil einer kombinierten Lagemeß-Sonde dar. Sie ist nämlich auch in der Lage, die Funktionen eines Gyroskops (Kreisel) auszuführen und kann daher ihre eigene Orientierung im Raum, bezüglich eines Laborsystems, feststellen. Wird sie gleichzeitig als Empfangsgerät für einen Lichtstrahl, z. B. einen Laserstrahl benutzt, so kann sie dabei die Richtung eines eintreffenden Lichtstrahls richtungsmäßig auswerten. Es ist daher im Endeffekt möglich, die relative Lage des Körpers, bezogen auf ein zugrundegelegtes Laborsystem, zu bestimmen. Wie erwähnt, kann der Körper speziell eine Walze sein. Die Richtungserkennung vereinfacht sich, wenn die zusätzliche Einrichtung in einem Spezialfall nur solche Lichtstrahlen detektieren soll, welche aus einer einzigen, vorgeschriebenen Richtung einfallen. In beiden Fällen kann jedoch von der Relativlage der genannten zusätzlichen Einrichtung und aus den Einstrahlungswinkeln direkt auf die Relativlage des auszumessenden Körpers geschlossen werden. Dabei ist jeweils vorausgesetzt, daß der genannte Adapter so auf den Körper aufgesetzt ist, daß der von ihm emittierte Lichtstrahl parallel zu einer körpereigenen Vorzugsachse orientiert ist. Das vorgenannte Verfahren kann wegen der Verwendung eines Adapters mit eigener Lichtstrahl-Erzeugung als "emittives" Verfahren bezeichnet werden.

Mit dem genannten Verfahren ist es also möglich, in sukzessiver Folge die Ausrichtung eines ersten, zweiten usw. Körpers in einem Laborkoordinatensystem zu bestimmen, und zwar mittels eines relativ kleinvolumigen Sondenteils (Adapters) von ca. 15-30 mm Durchmesser. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Erfindung eine Vorrichtung oder ein zugehöriges Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten von Körpern betrifft, insbesondere zum Parallelrichten von Wellen, Walzen oder rotationssymmetrischen Körpern, und eine kombinierte Lagemeß-Sonde umfaßt. Die Lagemeß-Sonde besteht aus einem Empfangsgerät und einem Adapter, welcher auf einen auszurichtenden Körper, insbesondere eine Walze aufsetzbar ist, so daß bevorzugte Achsen von Adapter und Körper oder Walze parallel orientiert sind, und welcher Adapter mit einer einen Lichtstrahl emittierenden Einrichtung versehen ist, und wobei der Lichtstrahl eines auf einen Körper oder eine Walze aufgesetzten Adapters parallel zu einer ausgezeichneten Achse, speziell einer Rotationsachse eines solchen Körpers bzw. einer solchen Walze orientiert ist, und wobei das Empfangsgerät die simultan erfolgende Feststellung einer Winkellage von Adapter und Körper oder Walze bezüglich eines Laborsystems durch die Ausführung folgender Funktionen bewirkt:

- a) Ermittlung seiner eigenen winkelmäßigen Ausrichtung relativ zu den Koordinaten eines vorgegebenen raumfesten Koordinaten-Systems (Laborsystems),
- b) Ermittlung der Empfangsrichtung eines Lichtstrahles, nach zwei Winkelkoordinaten, relativ seinen eigenen Gehäusedimensionen,
- c) Errechnung der laborsystemmäßigen Winkellage

des Adapters nach Maßgabe von Meßwerten, welche mittels Funktionen a) und b) gewonnen wurden, unter Verwendung einer eigenen Elektronik oder durch ein intern oder extern angebrachtes Rechenggerät (Computer).

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Anordnung von parallel zueinander und senkrecht zu einem Gestell auszurichtende Körpern,

Fig. 2 die windschiefe Lage zweier Körper gemäß Fig. 1 in stark überhöhtem Winkelmaßstab,

Fig. 3 eine prinzipielle Anordnung von Bestandteilen einer emittiv arbeitenden Lagemeß-Sonde relativ zu einem zu vermessenden Körper,

Fig. 4 eine Vorrichtung zur Messung der Richtung eines eintreffenden Lichtstrahles, unter Verwendung eines Fernrohres.

Wie in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt wird, ist es für die Ausrichtung z. B. von Walzen 11, 12, 13, welche im wesentlichen parallel nebeneinander ausgerichtet sind, erforderlich, diese sowohl in einer Horizontalebene auszurichten (Azimuth-Ausrichtung), als auch bezüglich einer Vertikal-Ebene (Elevations-Ausrichtung). (Die in analogem Zusammenhang ebenfalls verwendeten Begriffe wie Höhen-, Seiten-, Quer- Ausrichtung, oder pitch, yaw, roll usw. sind Fachmann geläufig. Zur Vermeidung von Verwechslungen werden für die hier beschriebene Erfindung bevorzugt die Begriffe Azimuth und Elevation verwendet. Die Spezifikation eines dritten Bezugswinkels kann in diesem Zusammenhang normalerweise entfallen).

Gemäß der Erfindung (vgl. Fig. 3) gelingt die Ausrichtung solcher Körper, speziell in Walzenform, in zwei Richtungen des Raumes (und bezüglich eines Laborsystems) dadurch, daß auf eine Walze 11 ein prismatischer oder v-förmiger Adapter 30 aufgesetzt wird. Dieser Adapter 30 kann durch eine v-förmige Verlängerung in Achsrichtung der gezeigten Walze 11 (stellvertretend auch für Walze 12, 13, usw.) verlängert sein, oder mit einem Aufsatz 32 stabiler gestaltet werden. An oder in dem Adapter ist ein Halbleiterlaser 44 fest angebracht, welcher ein- und ausschaltbar ist und bevorzugt von einer Batterie elektrisch versorgt wird. Die elektrische Versorgung kann auch über ein verlegbares Anschlußkabel erfolgen. Der Adapter ist so gefertigt, und der Halbleiterlaser ist an oder im Adapter so angebracht, daß die Emissionsrichtung des Lasers bei Auflegen des Adapters 30 auf Walze 11 parallel zu der Drehachse der Walze 11 orientiert ist. Gemäß der Erfindung wird das bereits genannte Empfangsgerät 45 zumindest kurzfristig, ggf. länger andauernd so aufgestellt oder gehalten, daß es durch den Laserstrahl getroffen werden kann. Es kann aufgrund seiner Konstruktion mit eingebautem Gyroskop seine eigene Orientierung relativ zu den Koordinaten eines Laborsystems erkennen, die Richtung eines eintreffenden Laserstrahls bestimmen und beide Daten so miteinander in Bezug setzen, daß die relative Orientierung des Lasers 44, mithin die Orientierung des Adapters 30, mithin die Orientierung der Walze 11 errechnet werden kann. (In einer vereinfachten Ausführungsform ist das Empfangsgerät auf einem versetzbaren Stativ 39, 40 montiert).

Der gezeigte Lichtstrahl 37" trifft die Empfangsfläche eines geeigneten, an sich bekannten Strahldetektors, welcher sich im Empfangsgerät 45 befindet. Insbesondere ist es von Vorteil, für einen solchen optoelektronischen Strahldetektor einen Zweischicht-Sensor zu wählen, welcher für zwei Ebenen die Positionen eines auftreffenden Lichtstrahl in jeweils x- und y-Koordinaten ermitteln und als elektrisches Signal

ausgeben kann. Mit diesem Mittel ist es möglich, die Richtung eines einfallenden Lichtstrahles relativ zu den Sensorachsen, und damit relativ zu den Dimensionen (Hauptachsen) des Empfangsgerätes 45 zu bestimmen. Die Strahlenbündel 42, 42 symbolisieren das Strahlungsfeld einer eventuell zusätzlich vorgesehenen Einrichtung zur Entfernungsmessung zwischen Adapter 30 und Empfangsgerät 45.

Gemäß Fig. 6 kann eine Optik in Form eines Fernrohres mit Linsen L1, L2 verwendet werden, um kleine Winkelabweichungen eines in ein Empfangsgerät 45 bzw. Sensorgehäuse 38" einfallenden Lichtstrahles linear vergrößert darzustellen, so daß die wirksame Auflösung eines optoelektronischen Sensors 60 verbessert wird.

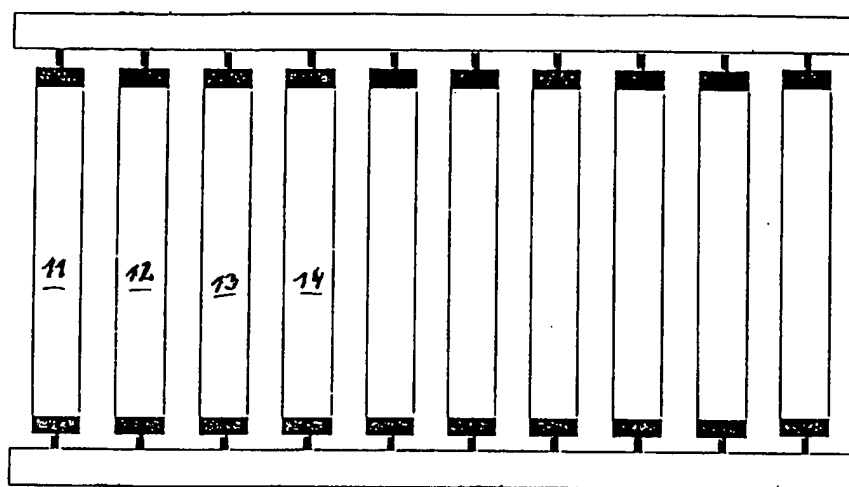
#### Patentansprüche

1. Vorrichtung oder Verfahren zum gegenseitigen Ausrichten von Körpern, insbesondere zum Parallelrichten von Wellen, Walzen (11, 12, 13) oder rotationssymmetrischen Körpern, mit einer kombinierten Lagemeß-Sonde, bestehend aus einem Empfangsgerät (45, 38") und einem Adapter (30), welcher auf einen auszurichtenden Körper, insbesondere eine Walze (11) aufsetzbar und mit einer einen Lichtstrahl emittierenden Einrichtung (44) versehen ist, wobei der Lichtstrahl parallel zu einer ausgezeichneten Achse, speziell einer Rotationsachse eines solchen Körpers bzw. einer solchen Walze (11) orientiert ist, und wobei das Empfangsgerät (45) eine Winkellage von Adapter (30) und Körper oder Walze (11) bezüglich eines Laborsystems durch die Ausführung folgender Funktionen feststellt oder berechnet:

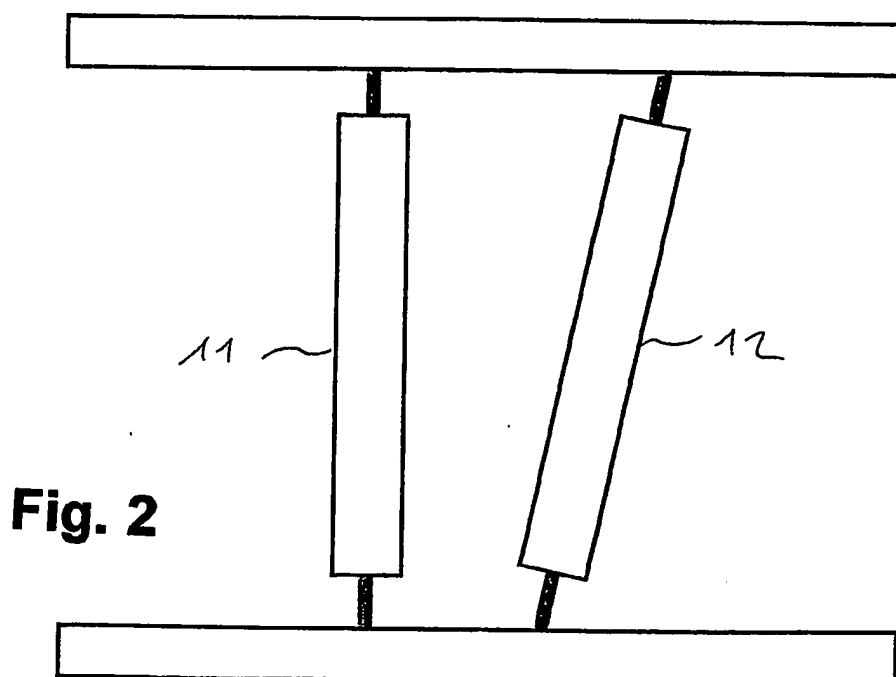
- a) Ermittlung der eigenen winkelmäßigen Ausrichtung des Empfangsgerätes (45) relativ zu den Koordinaten eines vorgegebenen raumfesten Koordinaten-Systems (Laborsystems),
- b) Ermittlung der Empfangsrichtung eines Lichtstrahles relativ zu den eigenen Gehäusedimensionen des Empfangsgerätes 45,
- c) Errechnung der laborsystemmäßigen Winkellage des Adapters (30) nach Maßgabe von Meßwerten, welche mittels Funktionen a) und b) gewonnen wurden, unter Verwendung einer im Empfangsgerät (45) angebrachten Elektronik oder durch ein intern oder extern angebrachtes Rechenggerät (Computer).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der anstelle der Ermittlung der Empfangsrichtung eines Lichtstrahles nach mehreren Winkelkoordinaten nur der Empfang eines Lichtstrahles mit einer vordefinierter Einstrahrichtung relativ zu einem Empfangsgerät überprüft wird und zu einer Richtungsmessung für eine Ausrichtung verwendet wird.

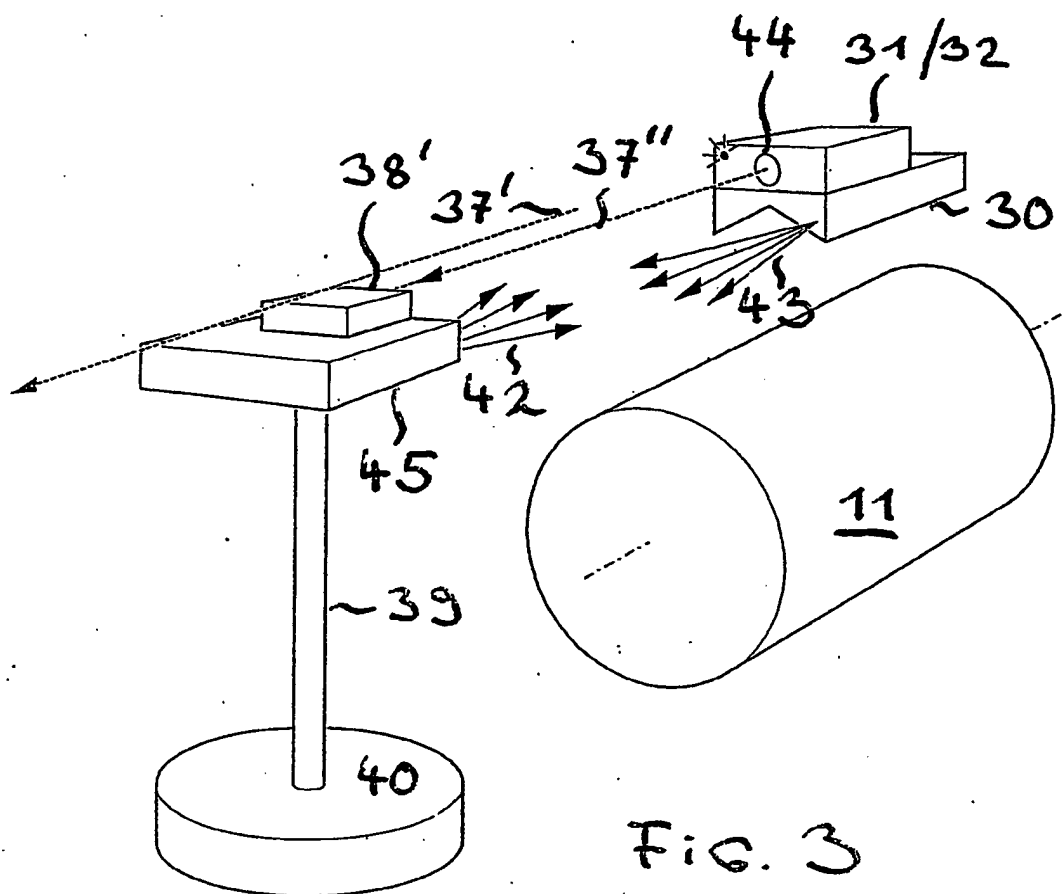
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung der Empfangsrichtung eines Lichtstrahles unter Zuhilfenahme zweier, voneinander beabstandeter, optoelektronischer Sensoren vorgenommen wird, wobei die Sensoren jeweils einzeln die Lage eines auf sie auftreffenden Lichtpunktes nach mindestens zwei Richtungen oder Koordinaten bestimmen können.



**Fig. 1**



**Fig. 2**



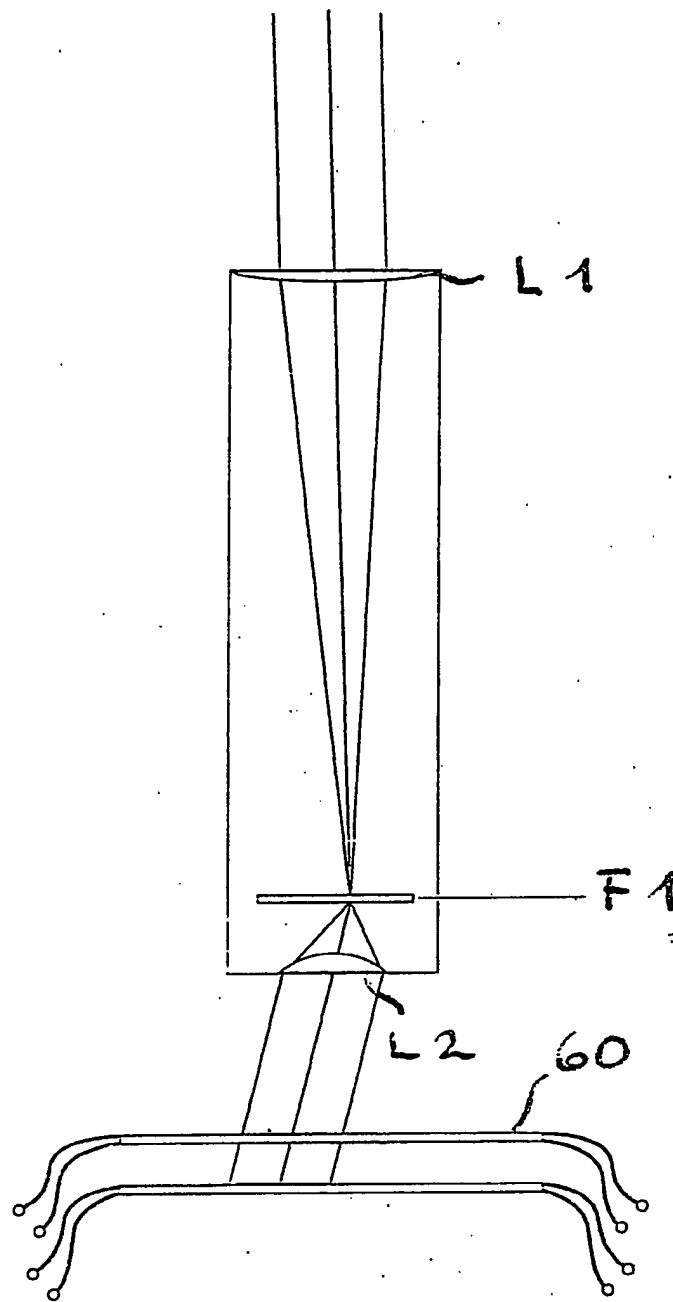


FIG. 4